

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-268306

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl. ^a	識別記号	F I
G 0 2 F 1/1335	5 3 0	G 0 2 F 1/1335 5 3 0
	5 2 0	5 2 0
F 2 1 V 8/00	6 0 1	F 2 1 V 8/00 6 0 1 B
G 0 2 B 5/04		G 0 2 B 5/04 A
G 0 9 F 9/00	3 3 6	G 0 9 F 9/00 3 3 6 B
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)		

(21) 出願番号 特願平9-77904

(22) 出願日 平成9年(1997)3月28日

(71) 出願人 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都渋谷区本町1丁目6番2号

(72) 発明者 武居 学

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(72) 発明者 代工 康宏

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

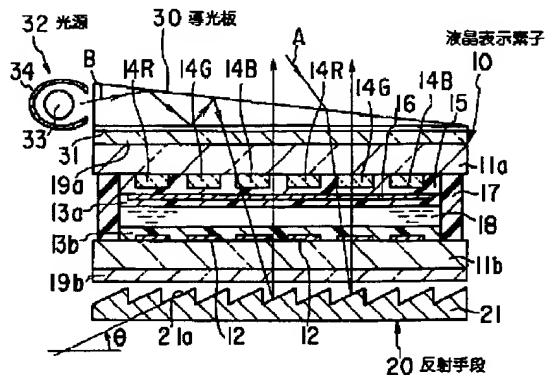
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 外光を利用する表示と光源からの光を利用する表示とを行なう液晶表示装置として、前記両方を明るくすることができ、しかも外光を利用するときも光源からの光を利用するときも、正面輝度が高く視差の小さい良好な品質の表示を得ることができるものを提供する。

【解決手段】 反射手段20を備えた液晶表示素子10の前面に、前面から入射する外光と、端面から入射する光源32からの光を液晶表示素子10に入射させ、前記液晶表示素子10からの出射光を前面に出射する導光板30を配置し、外光を利用するときも光源からの光を利用するときも反射型表示を行なうようにして、前記反射手段20に入射光を高い反射率で反射させるものを用いることができるようにし、さらに前記反射手段20を、垂直方向に対して傾いた方向から入射した光を前記垂直方向に近い方向に向けて反射するものとした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】裏面側に反射手段を備えた液晶表示素子と、前記液晶表示素子の前面に配置された導光板と、この導光板の少なくとも1つの端面に対向させて配置された光源とからなり、

前記導光板は、その表面から入射する外光および前記端面から入射する前記光源からの光を裏面に射出して前記液晶表示素子に入射させるとともに裏面から入射する前記液晶表示素子からの射出光を前面に射出し、

前記反射手段は、前記液晶表示素子にその前面に垂直な方向に対して傾いた方向から入射した光を前記垂直方向に近い方向に向けて反射することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】前記導光板は、その裏面と前記液晶表示素子の前面との間に空間が存在しない状態で設けられていることを特徴とする請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】前記反射手段は、複数の傾斜反射面が連続する反射板からなっていることを特徴とする請求項1または2に記載の液晶表示装置。

【請求項4】前記反射手段は、複数のプリズム部が連続するプリズムシートと、その裏面に設けられた反射膜とからなっていることを特徴とする請求項1または2に記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、外光を利用する表示と、光源からの光を利用する表示との両方を行なう液晶表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶表示装置として、自然光や室内照明光等の外光を利用する表示と、表示装置が備えている光源からの光を利用する表示との両方を行なう、いわゆる2ウェイ表示型のものがある。

【0003】この2ウェイ表示型液晶表示装置としては、従来、裏面側に半透過反射板を備えた液晶表示素子の背後にバックライトを配置したものがあり、前記バックライトには、LE素子からなる光源や、透明板からなる導光板の端面に対向させて蛍光ランプ等の光源を配置した光源が利用されている。

【0004】この液晶表示装置は、十分な明るさの外光が得られるときは外光を利用する反射型表示を行ない、十分な明るさの外光が得られないときはバックライトを点灯させて透過型表示を行なうものであり、外光を利用する反射型表示では、液晶表示素子の前面から入射した外光のうちの半透過反射板で反射された光が再び液晶表示素子を透過してその前面に射出する。また、バックライトの光を利用する透過型表示では、バックライトからの光のうちの半透過反射板を透過した光が液晶表示素子への入射光となり、その光が液晶表示素子を透過してその前面に射出する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来の2ウェイ表示型液晶表示装置は、外光を利用する表示においても、またバックライトからの光を利用する表示においても、光の利用効率が悪く、したがって、外光を利用するときもバックライトからの光を利用するときも表示が暗いという問題をもっている。

【0006】これは、半透過反射板が、入射光をその特性に応じた反射/透過率で反射および透過させるものであるため、外光を利用する反射型表示では、入射した外光のうちの半透過反射板の透過率に応じた量の光が半透過反射板の裏面側に透過してロス光となり、またバックライトの光を利用する透過型表示では、バックライトからの光のうちの半透過反射板の反射率に応じた量の光が半透過反射板で反射されてロス光となってしまうためである。

【0007】しかも、従来の液晶表示装置は、バックライトからの光を利用するときは正面輝度（液晶表示素子の正面方向に射出する光の輝度）が高く、また視差のない表示が得られるが、外光を利用するときは、正面輝度が低く、また視差も生じるという問題をもっている。

【0008】すなわち、2ウェイ表示型の液晶表示装置は、外光を利用するときは通常の反射型液晶表示装置と同様に、画面の斜め上方、つまり液晶表示素子の前面に垂直な方向に対して画面の上縁側に傾いた方向から主に外光を取り込むように装置の向きを選んで使用されるが、その場合、従来の液晶表示装置では、液晶表示素子の前面に垂直な方向に対して一方の側（画面の上縁側）に傾いた方向から入射した外光が、その入射角に対応した反射角で反射されるため、その光の射出方向が、垂直方向に対して外光の取り込み側とは反対側（画面の下縁側）に傾いた方向であり、したがって十分な正面輝度が得られない。

【0009】また、従来の液晶表示装置は、外光の入射方向が前記垂直方向に対して一方の側に傾いた方向であり、その反射光の射出方向が反対側に傾いた方向であるため、外光の入射方向とその反射光の射出方向とのずれが大きく、したがって、液晶表示素子の画素領域を透過して入射した光の反射光で表示される画素と、反射光のうちの前記画素領域を透過して射出する光によって表示される画素とがずれて見える視差が大きい。

【0010】この発明は、外光も光源からの光も高い効率で利用して、外光を利用する表示と光源からの光を利用する表示との両方を明るくすることができ、しかも、外光を利用するときも光源からの光を利用するときも、正面輝度が高く、また視差の小さい良好な品質の表示を得ることができる2ウェイ表示型の液晶表示装置を提供することを目的としたものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明の液晶表示装置

は、裏面側に反射手段を備えた液晶表示素子と、前記液晶表示素子の前面に配置された導光板と、この導光板の少なくとも1つの端面に対向させて配置された光源とからなり、前記導光板は、その前面から入射する外光および前記端面から入射する前記光源からの光を裏面に射出して前記液晶表示素子に入射させるとともに裏面から入射する前記液晶表示素子からの出射光を前面に射出し、前記反射手段は、前記液晶表示素子にその前面に垂直な方向に対して傾いた方向から入射した光を前記垂直方向に近い方向に向けて反射することを特徴とするものである。

【0012】この液晶表示装置は、外光を利用する表示と、光源からの光を利用する表示との両方を行なう2ウェイ表示型のものであり、外光を利用するときは、液晶表示素子の前面に配置した導光板にその表面から入射した外光がこの導光板を透過して前記液晶表示素子に入射し、その裏面側の反射手段で反射されて液晶表示素子の前面に射出する光が、前記導光板を透過して前面に射出する。

【0013】また、前記導光板の少なくとも1つの端面に対向させて配置した光源を点灯させると、この光源からの光が前記導光板にその端面から取り込まれ、導光板内を導かれてその裏面に射出して液晶表示素子に入射し、前記反射手段で反射されて液晶表示素子の前面に射出する光が、前記導光板を透過して前面に射出する。

【0014】すなわち、この液晶表示装置は、外光を利用するときは光源からの光を利用するときは反射型表示を行なうものであり、したがって、前記反射手段は、入射光を高い反射率で反射させるものでよい。

【0015】このため、この液晶表示装置によれば、外光も光源からの光も高い効率で利用することができるから、外光を利用して表示するときも、前記光源からの光を利用して表示するときも、十分に明るい表示を得ることができる。

【0016】しかも、この液晶表示装置においては、液晶表示素子にその前面に垂直な方向に対して傾いた方向から入射した光が、前記反射手段によって前記垂直方向に近い方向に向けて反射されるため、外光を利用するときも光源からの光を利用するときも、高い正面輝度を得られるし、また、外光および前記光源からの光の入射方向が前記垂直方向に対して傾いた方向であっても、その光の入射方向と前記反射手段で反射された光の出射方向（垂直方向に近い方向）とのずれは小さいから、液晶表示素子の画素領域を透過して入射した光の反射光で表示される画素と、反射光のうちの前記画素領域を透過して射出する光によって表示される画素とがずれて見える視差も小さくなる。

【0017】

【発明の実施の形態】この発明の液晶表示装置は、裏面側に反射手段を備えた液晶表示素子の前面に、前面から

入射する外光および端面から入射する光源からの光を裏面に射出して前記液晶表示素子に入射させるとともに裏面から入射する前記液晶表示素子からの出射光を前面に射出する導光板を配置し、外光を利用するときも光源からの光を利用するときも反射型表示を行なうようにすることにより、前記反射手段に入射光を高い反射率で反射させるものを用いることができるようにして、外光も光源からの光も高い効率で利用して外光を利用する表示と光源からの光を利用する表示との両方を明るくし、さらに、前記反射手段により、液晶表示素子にその前面に垂直な方向に対して傾いた方向から入射した光を前記垂直方向に近い方向に向けて反射することによって、外光を利用するときも光源からの光を利用するときも、正面輝度が高く、また視差の小さい良好な品質の表示を得るようにしたものである。

【0018】この液晶表示装置において、前記導光板は、その裏面と前記液晶表示素子の前面との間に空間が存在しない状態で設けるのが望ましく、このように導光板を設ければ、導光板と液晶表示素子との間での光の授受効率を高くして、外光および光源からの光の利用効率をより向上させることができる。

【0019】また、この液晶表示装置において、前記反射手段は、複数の傾斜反射面が連続する反射板であっても、また、複数のプリズム部が連続するプリズムシートの裏面に反射膜を設けたものであってもよい。

【0020】

【実施例】図1はこの発明の第1の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図であり、図において左側が画面の上縁側、右側が画面の下縁側である。

【0021】この液晶表示装置は、裏面側に反射手段20を備えた液晶表示素子10の前面に、この液晶表示素子10の少なくとも表示領域全体に対向する面積を有する導光板30を配置し、この導光板30の一端面に対向させて光源32を配置したものである。

【0022】前記液晶表示素子10は、例えばアクティブマトリックス方式のTN（ツイステッドネマティック）型液晶表示素子であり、その表裏一対の透明基板（ガラス基板）11a、11bのうち、裏側基板11bの内面には、マトリクス状に配列する複数の透明な画素電極12が設けられ、その上に配向膜13bが形成されている。

【0023】なお、図では省略しているが、この裏側基板11aの内面には、各画素電極12にそれぞれ対応させてTFT（薄膜トランジスタ）からなる能動素子が設けられるとともに、各画素電極行のTFTにゲート信号を供給するためのゲートラインと、各画素電極列のTFTにデータ信号を供給するためのデータラインとが配線されており、前記各画素電極12は、その電極に対応するTFTに接続されている。

【0024】一方、表側基板11aの内面には、前記各画素電極12にそれぞれ対応させて、赤、緑、青のカラーフィルタ14R、14G、14Bが交互に並べて設けられるとともに、これらのカラーフィルタ14R、14G、14Bを覆って形成した透明な保護膜（絶縁膜）15の上に、前記画素電極13の全てに対向する一枚膜状の透明な対向電極16が設けられており、その上に配向膜13aが形成されている。

【0025】そして、前記表側基板11aと裏側基板11bは、棒状のシール材17を介して接合されており、その両基板11a、11b間の前記シール材17で囲まれた領域に液晶層18が設けられている。

【0026】この液晶層18の液晶の分子は、表裏の基板11a、11bの近傍における配向方向を前記配向膜13a、13bで規制され、両基板11a、11b間において所定のツイスト角（例えばほぼ90°）でツイスト配向している。

【0027】さらに、表裏の基板11a、11bの外面にはそれぞれ偏光板19a、19bが貼付けられており、そのうちの裏面側の偏光板19bの背後に反射手段20が配置されている。

【0028】前記反射手段20は、液晶表示素子10にその前面に垂直な方向に対して傾いた方向から入射した光を前記垂直方向に近い方向に向けて反射するものであり、この実施例では、反射手段20として、複数の傾斜反射面21aが連続する反射板21を用いている。

【0029】すなわち、この反射板21は、その表面に、反射板21の幅方向に沿う複数の横長な反射面21aを、その幅方向に連続させて互いに平行に形成したものであり、これらの反射面21aがそれぞれ、その幅方向の一侧縁から他側縁に向かって一様な傾斜角で傾斜する傾斜面となっている。

【0030】この反射板21の各傾斜反射面21aの傾き角は、1°～70°の範囲、望ましくは1°～30°の範囲、さらに望ましくは5°～20°の範囲に設定されており、各傾斜反射面21aの配列ピッチは、前記液晶表示素子10の画面の上下方向における画素領域の配列ピッチと等しいか或はより小さく設定されている。

【0031】そして、前記反射板21は、その各傾斜反射面21aを、液晶表示装置に外光を利用する表示を行なわせるときの外光の主な取り込み方向に向けて設けられている。

【0032】前記外光の主な取り込み方向は、〔発明が解決しようとする課題〕の項でも説明したように、画面の斜め上方、つまり液晶表示素子10の前面に垂直な方向に対して画面の上縁側に傾いた方向であり、したがって、前記反射板21は、各傾斜反射面21aの長さ方向を画面の横軸とほぼ平行にし、その傾斜面を液晶表示素子10の上縁側に向けた状態で設けられている。

【0033】次に、上記液晶表示素子10の前面に配置

した導光板30について説明すると、この導光板30は、ガラスまたはアクリル系樹脂等からなる透明板からなっており、その表裏面のうちの一方の面は、他方の面に対して傾斜する面となっている。

【0034】この実施例で用いた導光板30は、その表面を導光板30一端から多端に向かって傾斜させたものであり、図では傾斜を誇張して示したが、この表面の傾斜角（導光板30裏面に対する角度）は、1°～10°の範囲、望ましくは2°～5°の範囲、さらに望ましくは2°～5°の範囲に設定されている。

【0035】この導光板30は、その表面から入射する外光および端面から入射する光源32からの光を裏面に射出して液晶表示素子10に入射させるとともに裏面から入射する前記液晶表示素子10からの出射光を前面に射出するものであり、その両端面のうちの高さが大きい方の端面が、光源32からの光の取り込み面（以下、光源光取り込み端面という）となっている。

【0036】そして、この導光板30は、前記光源光取り込み端面を、外光の主な取り込み側である画面の上縁側に向けて配置され、その裏面全体を透明な粘着剤（両面粘着シートでもよい）31によって前記液晶表示素子10の前面に貼付けることにより、導光板30と液晶表示素子10との間に空間が存在しないようにして液晶表示素子10の前面に設けられている。

【0037】このように導光板30を、その裏面と液晶表示素子10の前面との間に空間が存在しない状態で設けているのは、導光板30と液晶表示素子10の間での光の授受効率を高くするためである。

【0038】なお、前記粘着剤31は、導光板30と液晶表示素子10の前面部材である表側偏光板19aととのうちのいずれか一方の屈折率とほぼ同じか、あるいは両方の屈折率の中間の屈折率を有するものが望ましい。

【0039】また、上記光源32は、前記導光板30の端面全長にわたる長さの直管状蛍光ランプ33と、この蛍光ランプ33からその周囲に放射される光を前記導光板30の端面に向けて反射するリフレクタ34とからなっている。なお、前記リフレクタ34は、一側に光の出口口を有する楕円筒状をなしている。

【0040】そして、この光源32は、導光板30の光源光取り込み端面の側方に、前記リフレクタ34の出口口を前記導光板30の光源光取り込み端面に対向させて配置されている。

【0041】この液晶表示装置は、外光を利用する表示と、光源32からの光を利用する表示との両方を行なう2ウェイ表示型のものであり、前記光源32は、充分な明るさの外光が得られないときに使用される。

【0042】まず、外光を利用する表示について説明すると、このときは、液晶表示素子10の前面に配置した導光板30にその前面から入射した外光が、図1に矢線Aで示すように導光板30をその厚さ方向に透過して液

晶表示素子10に入射し、その裏面側の反射手段20で反射されて液晶表示素子10の前面に出射する光が、導光板30を透過して前面に出射する。

【0043】この場合、外光は画面の斜め上方（液晶表示素子10の前面に垂直な方向に対して画面の上縁側に傾いた方向）から主に取り込まれるため、外光の大部分は前記導光板30の表面に対して斜め方向から入射するが、その光は、導光板30の表面と外気（空気）との界面で屈折し、前記垂直方向に対する角度が小さくなった方向の光となって導光板30に入射する。

【0044】また、導光板30にその表面から入射した外光は、この導光板30の裏面に射出して液晶表示素子10に入射するが、その場合、この実施例では、導光板30をその裏面と液晶表示素子10の前面との間に空間が存在しない状態で設けているため、導光板30に入射した外光を効率良く液晶表示素子10に入射させることができる。

【0045】これは、導光板30と液晶表示素子10との間での光の授受効率が、導光板30の裏面と液晶表示素子10の前面との間に空間がある場合と無い場合とで異なるためである。

【0046】すなわち、導光板30にその表面から入射した外光は、この導光板30を厚さ方向に透過してその裏面に向かうが、その光のうち、導光板30の裏面に射出するのは、導光板30の裏面とそれに隣接する層との界面に対して全反射臨界角より小さい角度範囲の入射角で入射した光であり、前記界面に対して全反射臨界角より大きい入射角で入射した光はこの界面で全反射される。

【0047】そして、前記界面の全反射臨界角は、この界面を形成する導光板30とその隣接層との光の屈折率の差によって異なり、その屈折率の差が大きいほど全反射臨界角が大きい。

【0048】そのため、前記隣接層が屈折率がほぼ1の空気層であるとき、つまり導光板30と液晶表示素子10との間が空間である場合は、前記界面を透過する光の入射角範囲（全反射臨界角より小さい角度範囲）が小さくなり、この界面での全反射量が多くなる。

【0049】これは、導光板30の裏面に射出した光が液晶表示素子10に入射するときも同様であり、導光板30と液晶表示素子10との間が空間であると、液晶表示素子10と空気層との界面を透過する光の入射角範囲が小さくなり、この界面での全反射量が多くなる。

【0050】しかし、この実施例のように、導光板30の裏面全体を透明な粘着剤31によって液晶表示素子10の前面に貼付けることにより、この導光板30をその裏面と液晶表示素子10の前面との間に空間が存在しない状態で設ければ、導光板30および液晶表示素子10の表側偏光板19aの屈折率と、その間の粘着剤層の屈折率との差が小さいため、導光板30の裏面と粘着剤層

との界面および液晶表示素子10と粘着剤層との界面での全反射臨界角が小さくなり、これらの界面を透過する光の入射角範囲が大きくなるため、導光板30と液晶表示素子10との間での光の授受効率を高くして、導光板30に入射した外光を効率良く液晶表示素子10に入射させることができる。

【0051】また、液晶表示素子10に入射した光は、表側偏光板19aを透過して直線偏光となり、その光が液晶層18と裏側偏光板19bとを順に透過して反射手段20に入射し、この反射手段20により、液晶表示素子10の前面に垂直な方向に近い方向に向けて反射される。なお、液晶表示素子10に入射した光のうち、画素領域に入射した光は、カラーフィルタ14R、14G、14bBを透過して着色光になる。

【0052】すなわち、主に画面の斜め上方から取り込まれる外光は、上述したように導光板30の表面と外気（空気）との界面で屈折して導光板30に入射するため、導光板30から液晶表示素子10に入射する外光の入射方向は、導光板表面への入射方向よりも液晶表示素子10の前面に垂直な方向に対する角度が小さくなった方向であるが、その入射方向のほとんどは、前記垂直方向に対して外光の取り込み側にある程度傾いた方向である。

【0053】しかし、この実施例では、上記反射手段20として、複数の傾斜反射面21aが連続する反射板21を用い、この反射板21を、その各傾斜反射面21aを外光の主な取り込み方向に向けて設けているため、上記のような方向から斜めに液晶表示素子10に入射した光を、この液晶表示素子10の前面に垂直な方向に近い方向に向けて反射することができる。

【0054】前記反射板21で反射された光の向きは、この反射板21の各傾斜反射面21aの傾斜角（液晶表示素子10の前面に平行な面に対する角度） θ と、前記反射板21への光の入射角によって決まり、反射板21への光の入射角を ψ_{in} 、その光の反射角を ψ_{out} （いずれも液晶表示素子10前面に垂直な方向に対する角度）とすると、

$\theta = 5^\circ$ の場合は、

$$\psi_{in} = -30^\circ \text{ で } \psi_{out} = +20^\circ$$

$$\psi_{in} = -20^\circ \text{ で } \psi_{out} = +10^\circ$$

$\theta = 10^\circ$ の場合は、

$$\psi_{in} = -30^\circ \text{ で } \psi_{out} = +10^\circ$$

$$\psi_{in} = -20^\circ \text{ で } \psi_{out} = 0^\circ$$

$\theta = 15^\circ$ の場合は、

$$\psi_{in} = -30^\circ \text{ で } \psi_{out} = 0^\circ$$

$$\psi_{in} = -20^\circ \text{ で } \psi_{out} = -10^\circ$$

$\theta = 20^\circ$ の場合は、

$$\psi_{in} = -30^\circ \text{ で } \psi_{out} = -10^\circ$$

$$\psi_{in} = -20^\circ \text{ で } \psi_{out} = -20^\circ$$

となる。

【0055】ここで、 θ の角度は、垂直方向に対して外光の取り込み側（画面の上縁側）への傾き角、 θ の角度は、前記垂直方向に対して反対側（画面の下縁側）への傾き角であり、入射角 θ_{in} は上述したように θ の角度である。

【0056】したがって、上記傾斜反射面21aのより望ましい傾斜角 θ は、 $5^\circ \sim 20^\circ$ の範囲であり、この範囲に傾斜反射面21aの傾き角 θ を設定すれば、液晶表示素子10に入射した光のほとんどを、垂直方向に対して $\pm 20^\circ$ の範囲の方向に向けて反射することができる。

【0057】そして、前記反射手段20からの反射光は、裏側偏光板19bと液晶層18と表側偏光板19aとを順に透過して液晶表示素子10の前面に出射し、その光が導光板30にその裏面から入射して、この導光板30の表面に出射する。なお、前記反射光のうち、液晶表示素子10の画素領域を透過して出射する光は、カラーフィルタ14R、14G、14bBを透過してその色に着色する。

【0058】このときも、導光板30の裏面と液晶表示素子10の前面との間には空間がないため、液晶表示素子10を出射した光を効率良く導光板30に入射させることができる。

【0059】次に、光源32からの光を利用する表示について説明すると、前記光源32は、充分な明るさの外光が得られないときに使用され、その光源ランプ33を点灯させると、この光源32からの光が図1に矢線Bで示すように導光板30にその光源光取り込み端面から取り込まれ、この導光板30内を導かれてその裏面に出射する。

【0060】この場合、導光板30にその光源光取り込み端面から入射した光は、この導光板30の表裏面で反射され、この表裏面間でジグザグに屈折して導光板内を導かれるが、この導光板30の表面と外気（空気）との界面の全反射臨界角が大きく、裏面と上記粘着剤31との界面の全反射臨界角が小さいため、導光板30に取り込んだ光源光を効率良く導光板30の裏面に出射させることができるし、また、導光板30の裏面と液晶表示素子10の前面とが前記粘着剤31によりその間に空間が存在しないように貼付けられているため、導光板30の裏面に出射する光を効率良く液晶表示素子10に入射させることができる。

【0061】そして、液晶表示素子10に入射した光は、上述した外光の透過経路と同様に、液晶表示素子10を透過して反射手段20に入射し、この反射手段20により、液晶表示素子10の前面に垂直な方向に近い方向に向けて反射される。

【0062】このときも、反射手段20で反射された光の向きは、前記反射手段20である反射板21の各傾斜反射面21aの傾斜角 θ と、反射板21への光の入射角

によって決まるが、前記傾斜反射面21aの傾斜角 θ が $5^\circ \sim 20^\circ$ の範囲であれば、液晶表示素子10に入射した光のほとんどを、垂直方向に対して $\pm 20^\circ$ の範囲の方向に向けて反射することができる。

【0063】そして、前記反射手段20からの反射光は、外光の透過経路と同様に液晶表示素子10を透過してその前面に出射し、その光が導光板30にその裏面から入射して、この導光板30の表面に出射する。このときも、導光板30の裏面と液晶表示素子10の前面との間には空間がないため、液晶表示素子10を出射した光を効率良く導光板30に入射させることができる。

【0064】なお、上記光源32からの光を利用するときも、液晶表示素子10の画素領域を透過する光は、カラーフィルタ14R、14G、14bBを透過してその色に着色光する。

【0065】すなわち、上記液晶表示装置は、外光を利用するときも光源32からの光を利用するときも反射型表示を行なうものであり、したがって、前記反射手段20は、入射光を高い反射率で反射させるものでよい。

【0066】したがって、この液晶表示装置によれば、外光も光源32からの光も高い効率で利用することができるから、外光を利用して表示するときも、光源32からの光を利用して表示するときも、十分に明るい表示を得ることができる。

【0067】また、上記実施例では、前記導光板30を、その裏面と液晶表示素子10の前面との間に空間が存在しない状態で設けているため、導光板30と液晶表示素子10との間での光の授受効率を高くすることができ、したがって、外光および光源32からの光の利用効率をより向上させて、さらに表示を明るくすることができる。

【0068】しかも、上記液晶表示装置によれば、液晶表示素子10にその前面に垂直な方向に対して傾いた方向から入射した光が、前記反射手段20によって前記垂直方向に近い方向に向けて反射されるため、外光を利用するときも光源32からの光を利用するときも、高い正面輝度を得られるし、また、外光および光源32からの光の入射方向が前記垂直方向に対して傾いた方向であっても、その光の入射方向と前記反射手段20で反射された光の出射方向（垂直方向に近い方向）とのずれは小さいから、視差を小さくすることができる。

【0069】図2は上記液晶表示装置の外光を利用する表示における視差の発生状態を示す一部分の拡大断面図であり、この液晶表示装置では、液晶表示素子10への外光の入射方向は斜め方向であっても、反射手段20によって反射された光の出射方向が垂直方向に近いため、その入射方向と出射方向とのずれが小さく、したがって、液晶表示素子10の画素領域Dを透過して入射した光の反射光で表示される画素d1と、反射光のうちの前記画素領域を透過して出射する光によって表示される画

素d2とがずれて見える視差が小さい。この視差は、光源32からの光を利用する表示においてもほぼ同じである。

【0070】そして、従来の2ウェイ表示型液晶表示装置は、[発明が解決しようとする課題]の項で説明したように外光の入射方向とその反射光の出射方向とのずれが大きいため、画素領域を透過して入射した光の反射光のうちの一部の光が、間隔をおいて隣接する他の画素領域に入射し、上記実施例のような加法混色によりカラー表示を行う。赤、緑、青の3色のカラーフィルタを備えた液晶表示素子では、これらの2つの画素領域のカラーフィルタによって吸収されて出射せず、また減法混色によりカラー表示を行う。マゼンタ、イエロー、シアンの3色のカラーフィルタを備えた液晶表示素子であって、前述した画素領域の周縁部に斜めに入射する光が2つのカラーフィルターを透過することにより色混ざりを生じるが、上記実施例の液晶表示装置によれば、外光を利用するときも光源32からの光を利用するときも、光の入射方向とその反射光の出射方向とのずれが小さいため、光が2つの画素領域を透過して2つのカラーフィルターに入射することがない。したがって、高品質のカラー画像を表示することができる。

【0071】また、上記液晶表示装置は、その出射光が液晶表示素子10の前面に垂直な方向に近い方向に向かって出射するため、導光板30の表面での外光の反射による表示コントラストの低下はほとんどない。

【0072】図3は上記液晶表示装置の出射光の方向と導光板表面での外光の反射方向を示す一部分の拡大断面図であり、導光板30の表面で反射した外光は図に破線で示したように導光板表面に対する入射角に応じた反射角で斜め方向に向かうが、液晶表示装置からの出射光は上述したように垂直に近い方向に出射する。

【0073】そして、液晶表示装置の表示画像は、画面に対してその正面方向から観察されるが、上記液晶表示装置によれば、正面方向から観察される光のほとんどが液晶表示装置からの出射光であり、斜め方向に向かう表面反射光はほとんど見えないため、液晶表示装置を出射する画像光に前記表面反射光が重畳してコントラストが悪くなることはない。

【0074】さらに、上記液晶表示装置は、外光を利用するときも光源32からの光を利用するときも反射型表示を行なうものであるため、従来の液晶表示装置に比べて、液晶表示素子10の設計の自由度が高くなり、容易に設計することができる。

【0075】すなわち、従来の液晶表示装置は、外光を利用する表示が反射型表示であり、バックライトの光を利用する表示が透過型表示であって、外光を利用する反射型表示の場合は、前面側からの入射光が液晶表示素子を透過して反射され、その光が再び前記液晶表示素子を透過して前面側に出射するのに対し、バックライトの光

を利用する透過型表示では、裏面側からの入射光が液晶表示素子を透過して前面側に出射するため、反射型表示と透過型表示との光の透過経路の違いにより生じる表示色の相違等を補償するように液晶表示素子を設計する必要がある。

【0076】この点、上記実施例の液晶表示装置は、外光を利用する表示も光源32からの光を利用する表示も反射型表示であり、いずれの表示でも光の透過経路はほとんど同じであるから、液晶表示素子10の設計は容易である。

【0077】図4および図5はこの発明の第2および第3の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図であり、これらの実施例は、液晶表示素子10の裏面側に設ける反射手段20を、複数のプリズム部が連続するプリズムシート22または23と、その裏面に設けられた反射膜（望ましくは鏡面反射膜）24とで構成したものである。なお、この第2および第3の実施例は、前記反射手段20が異なるだけで、他の構成は上述した第1の実施例と同じであるから、重複する説明は図に同符号を付して省略する。

【0078】図4に示した第2の実施例で用いたプリズムシート22は、ガラスまたはアクリル系樹脂等からなる透明板の前面に、その幅方向に沿う複数の横長なプリズム部22aをその幅方向に連続させて互いに平行に形成したものであり、これらのプリズム部22aはそれぞれ、一側面が垂直で他側面が傾斜した直角三角形形状の断面形状をなしている。

【0079】そして、このプリズムシート22は、その各プリズム部22aの傾斜面を、液晶表示装置に外光を利用する表示を行なわせるときの外光の主な取り込み方向（画面の斜め上方）とは反対方向に向けて設けられている。

【0080】この実施例の場合は、前記反射膜24に、表面を反射面とした金属薄板か、あるいはガラス等からなる平坦な基板の表面に金属膜を蒸着またはメッキしたものを、それを上記プリズムシート22の裏面に透明な粘着剤で貼り付けてもよいし、また、前記プリズムシート23の裏面に金属膜を蒸着またはメッキして反射膜24としてもよい。

【0081】また、図5に示した第3の実施例で用いたプリズムシート23は、ガラスまたはアクリル系樹脂等からなる透明板の裏面に、その幅方向に沿う複数の横長なプリズム部23aをその幅方向に連続させて互いに平行に形成したものであり、これらのプリズム部23aはそれぞれ、両側面がほぼ同じ角度で傾斜した二等辺三角形形状の断面形状をなしている。

【0082】そして、このプリズムシート23は、その各プリズム部23aの一側の傾斜面を液晶表示装置に外光を利用する表示を行なわせるときの外光の主な取り込み方向に向け、反対側の傾斜面を前記外光の取り込み方

向とは反対方向に向けて設けられている。

【0083】この実施例の場合は、前記反射膜24に、表面を反射面とした金属薄板か、あるいはガラス等からなる平坦な基板の表面に金属膜を蒸着またはメッキしたものを、この反射膜24を、その表面を前記プリズムシート23の各プリズム部23aの頂部に透明な粘着剤で貼り付けるか、あるいは前記プリズムシート23の裏面に近接対向させて配置して、前記各プリズム部23aの両側の傾斜面と反射膜24との間は空間にしておく。

【0084】なお、上記常動第2および第3のいずれの実施例においても、前記プリズムシート22、23の各プリズム部22a、23aの配列ピッチは、液晶表示素子10の画面の上下方向における画素領域の配列ピッチに等しいか、或はそれより小さく設定するのが望ましい。

【0085】上記プリズムシート22、23とその裏面に設けられた反射膜24とからなる反射手段20は、図4および図5に矢線で示すように液晶表示素子10を斜めに透過した光を、前記プリズムシート22、23の各プリズム部22a、23aで屈折させて反射膜24により反射し、その光を前記プリズム部22a、23aでさらに屈折させて垂直方向に近い方向に向けて射出する。

【0086】したがって、上記第2および第3の実施例の液晶表示装置においても、液晶表示素子10にその前面に垂直な方向に対して傾いた方向から入射した光が、前記反射手段20によって前記垂直方向に近い方向に向けて反射されるため、外光を利用するときも光源32からの光を利用するときも、高い正面輝度を得るとともに視差を小さくすることができる。

【0087】なお、上記第3の実施例で用いた反射手段20は、そのプリズムシート23の各プリズム部23aが、その両側面がほぼ同じ角度で傾斜する二等辺三角形形状の断面形状をなしているため、前記プリズム部23aの一侧の傾斜面が対向する方向からの入射光も、反対側の傾斜面が対向する方向からの入射光も、垂直方向に近い方向に向けて反射することができる。

【0088】したがって、この第3の実施例の反射手段20を用いる場合は、上記導光板30をその光源光取り込み端面を外光の主な取り込み側とは反対側に向けて配置し、その光源光取り込み端面に対向させて光源32を配置してもよい。

【0089】また、上記第1～第3の実施例では、光源32を一方の側に設けているが、上記第3の実施例の反射手段20を用いる場合は、光源32を両側に配置してもよい。

【0090】図6はこの発明の第4の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図である。この液晶表示装置は、液晶表示素子10の裏面側に設ける反射手段20として上記第3の実施例のものを

用いるとともに、液晶表示素子10の前面に、液晶表示素子10の表示領域のほぼ上半分とほぼ下半分とにそれぞれ対向する2枚の導光板30a、30bを、その一方の導光板30aの光源光取り込み端面を外光の主な取り込み側（画面の上縁側）に向け、他方の導光板30bの光源光取り込み端面を反対側（画面の下縁側）に向けて配置し、これらの導光板30a、30bの光源光取り込み端面にそれぞれ対向させて光源32を配置したものである。

10 【0091】この実施例において、前記2枚の導光板30a、30bはそれぞれ、その裏面全体を透明な粘着剤（両面粘着シートでもよい）31によって前記液晶表示素子10の前面に貼付けることにより、液晶表示素子10との間に空間が存在しないようにして液晶表示素子10の前面に設けられている。

【0092】なお、この実施例の液晶表示装置は、画面のほぼ上半分の領域とほぼ下半分の領域に対向する2枚の導光板30a、30bを用い、これらの導光板30a、30bにそれぞれ対向させて光源32を配置した点を除けば、他の構成は上記第3の実施例と同じであるから、重複する説明は図に同符号を付して省略する。

【0093】この液晶表示装置は、その両側に配置した2つの光源32のうちの一方の光源32からの光を前記一方の導光板30aで導いて液晶表示素子10の表示領域のほぼ上半分に入射させ、他方の光源32からの光を前記他方の導光板30bで導いて前記液晶表示素子10の表示領域のほぼ下半分の領域に入射させるようにしたものであり、この液晶表示装置によれば、液晶表示素子10に入射する光源光の単位面積当たりの輝度を高くして、光源からの光を利用する表示をより明るくすることができる。

【0094】図7はこの発明の第5の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図である。この液晶表示装置は、液晶表示素子10の裏面側に設ける反射手段20として上記第3の実施例のものを、用いるとともに、液晶表示素子10の前面に、その少なくとも表示領域全体に対向する面積を有する2枚の導光板30、30'を、その一方の導光板30の光源光取り込み端面を外光の主な取り込み側に向け、他方の導光板30'の光源光取り込み端面を反対側に向けた状態で互いに積層して配置し、これらの導光板30、30'の光源光取り込み端面にそれぞれ対向させて光源32を配置したものである。

【0095】この実施例において、前記2枚の導光板30、30'は、上記第1～第3の実施例で用いた導光板30と同じものであり、そのうちの液晶表示素子10に隣接する内側導光板30は、その傾斜面を表側に向けた状態で、裏面全体を透明な粘着剤（両面粘着シートでもよい）31によって前記液晶表示素子10の前面に貼付けることにより、液晶表示素子10との間に空間が存在

しないようにして液晶表示素子10の前面に設けられている。

【0096】また、表側に積層された外側導光板30'は、その傾斜面を裏側に向け、光源光取り込み端面を前記内側導光板30の光源光取り込み端面とは逆の方向に向けた状態で、その傾斜面（裏面）が前記内側の導光板30の傾斜面（表面）にはほぼ平行に近接対向するようにして配置されている。

【0097】なお、この実施例の液晶表示装置は、実質的には上記第3の実施例の液晶表示装置の導光板30の表面にもう1枚の導光板30'を配置するとともに、その導光板30'の光源光取り込み端面に対向する光源32を付加したものであるから、重複する説明は図に同符号を付して省略する。

【0098】この液晶表示装置は、その両側に配置した2つの光源32のうちの一方の光源32からの光を前記内側導光板30で導いて液晶表示素子10の表示領域全体に入射させるとともに、他方の光源32からの光を前記外側導光板30'で導いてその光を前記内側導光板30を透過させて液晶表示素子10の表示領域全体に入射させるようにしたものであり、この液晶表示装置においても、液晶表示素子10に入射する光源光の単位面積当たりの輝度を高くして、光源からの光を利用する表示をより明るくすることができる。

【0099】図8および図9はこの発明の第6および第7の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図であり、これらの液晶表示装置は、光源32からの光を、導光板30にその裏面（液晶表示素子との対向面）とほぼ平行な光として入射させるようにしたものである。

【0100】図8に示した第6の実施例の液晶表示装置は、光源32のリフレクタ34の出射口に、光源ランプ33からの放射光およびリフレクタ34からの反射光を平行光に補正して出射するための集光レンズ35を設けたものであり、他の構成は上述した第1の実施例と同じである。なお、前記集光レンズ35は、リフレクタ34の出射口の長さ方向に沿った横長の凸レンズであっても、平行フレネルレンズであってもよい。

【0101】また、図9に示した第7の実施例の液晶表示装置は、導光板30の光源光取り込み端面に、光源34からの光を平行光に補正して導光板30に入射させるための集光レンズ部36を設けたものである。他の構成は上述した第1の実施例と同じである。なお、前記集光レンズ36は、導光板30の光源光取り込み端面の長さ方向に沿った横長の凸レンズであっても、平行フレネルレンズであってもよく、またこの集光レンズ36は、導光板30の光源光取り込み端面に貼付けて設けても、導光板30に一体に形成してもよい。

【0102】上記第6および第7の実施例の液晶表示装置によれば、光源32からの光を平行光に補正して導

板30に入射させるようにしているため、導光板30に取り込んだ光源32からの光を、より効率良く液晶表示素子10に入射させることができる。

【0103】すなわち、光源ランプ33からの放射光およびリフレクタ34からの反射光、ランダムな方向に向いた光であるため、その光をそのまま導光板30に取り込むと、そのうちの導光板30の表面と外気との界面にその全反射臨界角より小さい角度で向かう光が前記界面を透過して導光板表面に出射し、漏れ光となる。

【0104】しかし、上記第6および第7の実施例のように、光源32からの光を平行光に補正して導光板30に入射させてやれば、導光板30の表面と外気との界面にその全反射臨界角より小さい角度で向かう光がほとんどなくなるため、導光板表面への光の漏れを少なくし、光源32からの光のほとんどを導光板30の裏面から出射させて液晶表示素子10に入射させることができる。

【0105】なお、図8および図9に示した液晶表示装置は、第1の実施例の液晶表示装置に、光源32からの光を平行光に補正して導光板30に入射させるための集光レンズ35、36を付加したものであるが、上記第6および第7の実施例のように光源32からの光を平行光にして導光板30に入射させてやることは、第2～第5の実施例の液晶表示装置にも適用することができる。

【0106】また、上記第6および第7の実施例では、光源32からの光を集光レンズ35、36により平行光に補正して導光板30に入射させるようにしているが、光源32の光源ランプ33として、導光板30の光源光取り込み端面に向かう方向に光を出射する特性のものを用いても、平行光に近い光を導光板30に入射させてその光を効率良く液晶表示素子10に入射させることができるし、また、前記特性の光源ランプと上記集光レンズ35、36とを組合わせて用いれば、さらにその効果を高くすることができる。

【0107】すなわち、図10は上記光源32の変形例を示す拡大断面図であり、この光源32は、その光源ランプ33に、導光板30の光源光取り込み端面に対向する側面にその全長にわたって光の放射部を形成したアパーチャー付き蛍光ランプを用いるとともに、上記第6の実施例と同様に、リフレクタ34の出射口に集光レンズ35を設けたものである。

【0108】前記アパーチャー付き蛍光ランプは、ガラス管33aの内周面に設ける蛍光物質層33bを前記ガラス管33aの一侧部を除いて形成したものであり、前記蛍光物質層33bが発する蛍光のうち、その外周面から放射される光はランプ周囲に出射するが、蛍光物質層33bの内周面からランプ内に放射される光は蛍光物質層33bの無い光放射部（アパーチャー）から出射するため、前記光放射部からの出射光は、高輝度でしかも光束の広がり小さい平行光に近い光である。

【0109】すなわち、上記光源32は、上記アパーチ

ャー付き蛍光ランプからなる光源ランプ33の光放射部から高輝度でしかも光束の広がり小さい平行光に近い光を放射させ、その光を集光レンズ35によりさらに平行光に補正して導光板30に入射させるとともに、前記光源ランプ33からその周囲に放射されてリフレクタ34で反射された光も、前記集光レンズ35により平行光に補正して導光板30に入射させてやるようにしたものであり、このような光源を用いれば、より高輝度で平行光に近い光を導光板30に入射させ、その光を効率良く液晶表示素子10に入射させることができる。

【0110】なお、上記図10に示した光源32では、リフレクタ34の出射口に集光レンズ35を設けているが、前記集光レンズは、上記第7の実施例のように導光板30の光源光取り込み端面に設けてもよい。

【0111】また、光源32の光源ランプ33として、上記アパーチャー付き蛍光ランプのような導光板30の光源光取り込み端面に向かう方向に光を出射する特性のものを用いる場合は、光源からの光を平行光に補正するための集光レンズは無くてもよい。

【0112】なお、上記各実施例で用いた液晶表示素子10は、その表裏面に偏光板19a、19bを備えたものであるが、前記液晶表示素子10は、その前面側だけに偏光板を備えたものでもよく、その場合は、表示素子10の裏側基板11bの内面に、垂直方向に対して傾いた方向から入射した光を前記垂直方向に近い方向に向けて反射する反射手段を設けてもよい。

【0113】また、上記各実施例で用いた液晶表示素子10は、アクティブマトリックス方式のものであるが、この液晶表示素子10は単純マトリックス方式のものであってもよい。

【0114】さらに、上記液晶表示素子10は、TN型のものに限らず、液晶分子を $180^\circ \sim 270^\circ$ のツイスト角でツイスト配向させたSTN（スーパーツイステッドネマティック）型のものでよく、また、相転移効果型であって液晶に黒色系の二色性染料を添加して白黒とカラーフィルタにより着色された色とを表示する方式のものや、液晶の複屈折効果を利用してカラーフィルタを用いずに着色した表示を得る複屈折効果型のものなどでもよい。

【0115】

【発明の効果】この発明の液晶表示装置によれば、裏面側に反射手段を備えた液晶表示素子の前面に、前面から入射する外光および端面から入射する光源からの光を裏面に射出して前記液晶表示素子に入射させるとともに裏面から入射する前記液晶表示素子からの出射光を前面に出射する導光板を配置し、外光を利用するときも光源からの光を利用するときも反射型表示を行なうようにしているため、前記反射手段に入射光を高い反射率で反射させるものを用いることができ、したがって、外光も光源

からの光も高い効率で利用して外光を利用する表示と光源からの光を利用する表示との両方を明るくすることができる。

【0116】しかも、この液晶表示装置によれば、前記反射手段を、前記液晶表示素子にその前面に垂直な方向に対して傾いた方向から入射した光を前記垂直方向に近い方向に向けて反射するものとしているため、外光を利用するときも光源からの光を利用するときも、正面輝度が高く、また視差の小さい良好な品質の表示を得ることができる。

【0117】この発明の液晶表示装置において、前記導光板は、その裏面と前記液晶表示素子の前面との間に空間が存在しない状態で設けるのが望ましく、このように導光板を設ければ、導光板と液晶表示素子との間での光の授受効率を高くして、外光および光源からの光の利用効率をより向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図。

【図2】上記液晶表示装置の外光を利用する表示における視差の発生状態を示す一部分の拡大断面図。

【図3】上記液晶表示装置の出射光の方向と導光板表面での外光の反射方向を示す一部分の拡大断面図。

【図4】この発明の第2の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図。

【図5】この発明の第3の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図。

【図6】この発明の第4の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図。

【図7】この発明の第5の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図

【図8】この発明の第6の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図。

【図9】この発明の第7の実施例による液晶表示装置を示す導光板のハッチングを省略した断面図。

【図10】この発明の液晶表示装置における光源の変形例を示す拡大断面図。

【符号の説明】

10…液晶表示素子

19a、19b…偏光板

20…反射手段

21…反射板

21a…傾斜反射面

22、23…プリズムシート

22a、23a…プリズム

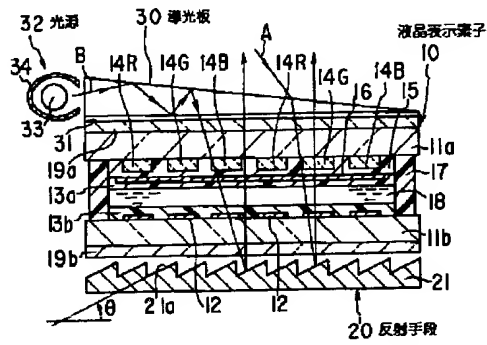
24…反射膜

30、30'、30a、30b…導光板

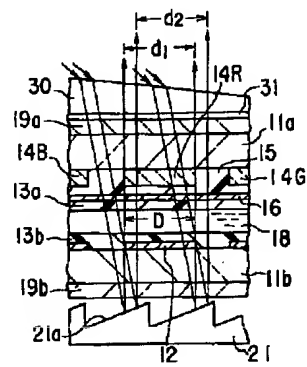
31…粘着剤

32…光源

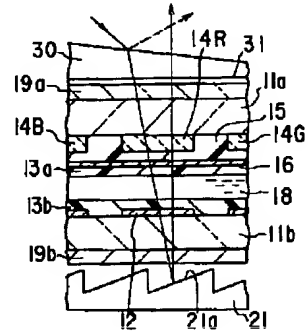
【図1】



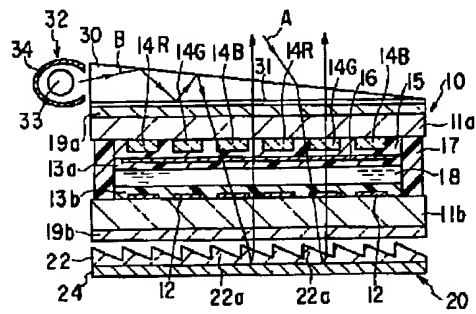
【図2】



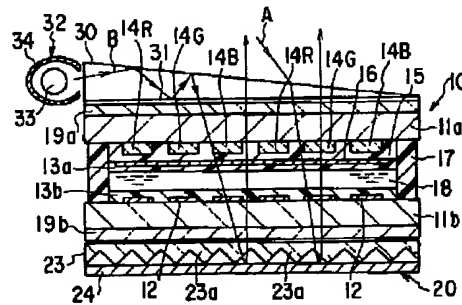
【図3】



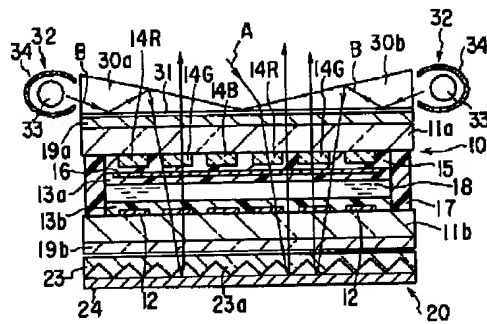
【図4】



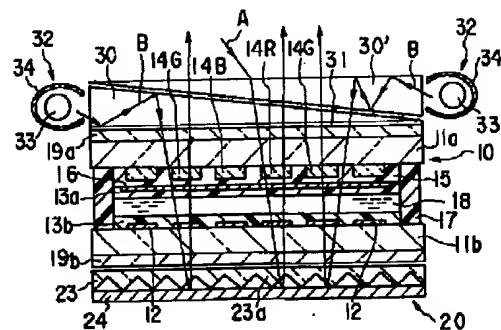
【図5】



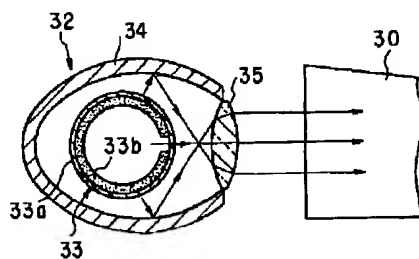
【図6】



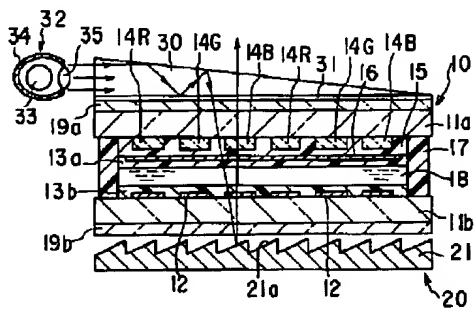
【図7】



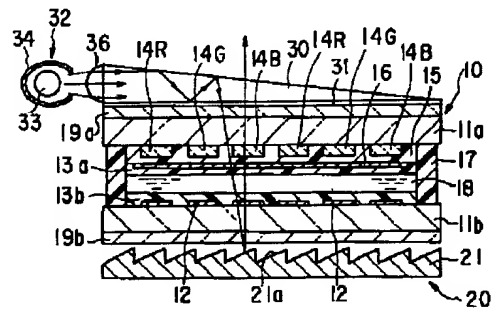
【図10】



【図8】



【図9】



CLIPPEDIMAGE= JP410268306A

PAT-NO: JP410268306A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10268306 A

TITLE: LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

PUBN-DATE: October 9, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TAKEI, MANABU

SHIROKU, YASUHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

CASIO COMPUT CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP09077904

APPL-DATE: March 28, 1997

INT-CL (IPC): G02F001/1335;G02F001/1335 ;F21V008/00
;G02B005/04 ;G09F009/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the device which can make light both a display using external light and a display using the light from a light source and makes a display of good quality with high front luminance and small parallax irrelevantly to which of the external light and the light from the light source is used as a liquid crystal display device which makes both the displays.

SOLUTION: In the front side of a liquid crystal display element 10 equipped with a reflecting means 20, a light guide plate 30 is arranged which makes the external light from the front and the light of the light source 32 from an end surface incident on the liquid crystal display element 10

and projects light
from the liquid crystal display element 10 on the front, a
reflection type
display is made without reference to which of the external
light and the light
from the light source is used to make it possible to use a
reflecting means 20
which reflects the incident light with a high reflection
factor, and the
reflecting means 20 is allowed to reflect light which is
made incident
obliquely to the vertical almost to the said vertical
direction.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO